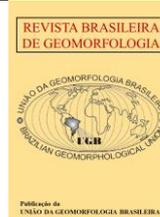
https://rbgeomorfologia.org.br/rbg
*ISSN 2236-5664*

**Revista Brasileira de Geomorfologia**

v. 23, nº 3 (2022)

http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i3.1983

*Artigo de Pesquisa*

# Análise das métricas dos sistemas lacustres não fluviais do Lavrado, região nordeste do Estado de Roraima

## *Metrics analysis of non fluvial lacustrine systems of the Lavrado, northeast region of Roraima State*

**Thiago Morato de Carvalho [1], Rúbson Pinheiro Maia [2] e Roseane Pereira Morais [3]**

[1] Universidade Federal de Roraima, Departamento de Geografia, Boa Vista, Brasil. E-mail: thiago.morato@ufrr.br ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1027-6564
[2] Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Brasil. E-mail: rubsonpinheiro@yahoo.com.br ORCID: https://orcid.org//0000-0002-1688-5187
[3] Universidade Federal de Roraima, Centro de Educação no Campo, Boa Vista, Brasil. E-mail: moraisroseane@ymail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1607-7865

Recebido: 09/07/2020; Aceito: 26/04/2022; Publicado: 01/07/2022

**Resumo:** Este estudo descreve os aspectos morfométricos e a dinâmica sazonal dos sistemas lacustres situado no Lavrado, porção nordeste de Roraima. A metodologia para identificar os sistemas lacustres foi realizada através de classificação supervisionada com base em imagens Landsat 8 (OLI) de 2014 (período chuvoso) e 2015 (período de estiagem). A morfologia dos lagos permanentes e temporários foi caracterizada através do índice de forma, que é uma correlação entre o perímetro do lago e a geometria de um círculo de igual área. Modelos digitais de elevação da SRTM foram utilizados para caracterizar o ambiente regional. Os lagos do lavrado desenvolvem-se em cotas entre 50 a 200 metros de altitude, em regiões onde predominam feições morfológicas agradacionais. Os lagos foram classificados como de nascentes, isolados ou conectados. Em relação à morfologia, os lagos são predominantemente circulares e semicirculares nas duas estações do ano. No período das chuvas os lagos formam um sistema interconectado entre si e também aos sistemas fluviais (conectividade flúvio-lacustre), ocupando área de 832,62 km²; durante a estiagem a área deste sistema lacustre é de 129,25 km², constituindo 17.000 lagos entre os perenes e sazonais.

**Palavras-chave**: Geomorfologia; Áreas úmidas; Lagos; Morfometria.

**Abstract:** This study describe the morphometrics and seasonal dynamics of the lavrado's lacustrine systems, northeast portion of Roraima State in Brazil. The methods to identify the lake systems was performed by supervised classification based on Landsat 8 (OLI) of 2014 (rainy season) and 2015 ( dry season). The morphology of the permanent and temporary lakes was characterized by a shape index, which is a correlation of the lake perimeter with the geometry of a circle of equal area. Digital elevation models of SRTM were used to characterize the regional environment. The lavrado's lakes are develop in elevations between 50 and 200 meters of altitude, in regions dominated by agradationals geomorphological features. The lakes were classified as headwaters, isolated or connected ones. In relation to morphology the lakes are predominantly circular and semicircular in both seasons of the year. In the rainy season the lakes are interconnected to each other and also to the fluvial systems (fluvial-lacustrine connectivity), covering an area of 832,62 km²; during dry season the lakes cover 129,25 km² of the region, with about 17,000 lakes between perennial and seasonal.

**Keywords:** Geomorphology; Wetlands; Lakes; Morphometry.

## 1. Introdução

Na região amazônica a maioria dos sistemas lacustres são de origem relacionadas à processos morfológicos fluviais, como os típicos lagos de áreas inundáveis controlados por planícies fluviais, com conexões lacustres temporárias ou permanentes. São lagos controlados pelo gradiente topográfico, sedimentos, vazão, vegetação e clima, possibilitando morfologias lacustres de origens variadas como os de paleocanais do tipo meandros abandonados, lagos formados por acreção de ilhas à planície aluvionar, os de acreção de barras arenosas às ilhas, lagos de escoamento impedido, entre outros, sendo estes citados os predominantes na Amazônia (FRANÇA; FLORENZANO; NOVO, 2014; MORAIS; CARVALHO, 2015).

No entanto, devido à processos evolutivos da paisagem, ocorrem também na região amazônica lagos desconexos de planícies fluviais, em áreas abertas destoantes do seu em torno, cujo ambiente é típico de floresta amazônica. Do ponto de vista biogeográfico, estes aspectos morfológicos vegetacionais de áreas abertas e florestadas, são importantes quando consideramos a dinâmica de "retração-expansão" da vegetação, com desenvolvimento de áreas abertas (arbustivas, herbáceas) durante períodos glaciais, clima seco e frio, e expansão de florestas durante períodos interglaciais, quentes e úmidos na América do Sul durante o Pleistoceno (AB'SABER, 1977; VANZOLINI, 1981; PESSENDA et al., 2009; CARVALHO; CARVALHO, 2012; CARVALHO, et al., 2016). Nestas áreas abertas amazônicas ocorrem sistemas lacustres formados sobre crostas lateríticas. São lagos pequenos e rasos alimentados pelo regime hidrológico conforme discutido por Meneses et al. (2007).

Dentre as áreas abertas amazônicas, uma das maiores, com cerca de 70 mil km², localiza-se na porção nordeste do Estado de Roraima, abrangendo também o sudeste da Venezuela e oeste da Guiana Britânica, sendo no Estado de Roraima sua maior extensão denominado de Lavrado, com 43 mil km² de extensão (CARVALHO; CARVALHO; MORAIS, 2016; MORAIS; CARVALHO, 2020). Uma das peculiaridades do Lavrado são os sistemas lacustres bem desenvolvidos, os quais não possuem conexão direta com as planícies fluviais, ou seja, não são alimentados pelos rios, mas pelas chuvas e pela oscilação do lençol freático conforme discutido em Meneses; Costa; Costa (2007) e Morais; Carvalho (2015).

Os sistemas lacustres predominantes são os formados na extensa planície de aplainamento da Formação Boa Vista (depósitos arenosos, conglomerados, lateríticos), em cotas entre 50 a 200 metros de altitude, configurando-se em lagos desconexos de planícies fluviais, estando conectados durante os períodos de cheia (potamofase) e desconexos, em parte temporários, durante o período de estiagem (limnofase) (MORAIS; CARVALHO, 2015). Segundo Meneses; Costa; Costa (2007) são lagos inseridos em uma unidade fisiográfica atípica das paisagens florestais da Amazônia e ao contrário da maioria dos lagos brasileiros, e em particular amazônicos, não são originários pela dinâmica de rios, embora pertençam à bacia hidrográfica do rio Branco, e situam-se geralmente à montante dos cursos d'água (igarapés).

Outro aspecto importante na dinâmica destes lagos na área de estudo é a ação antrópica sobre estes, a qual têm sido nas últimas décadas um importante agente modificador destes ambientes lacustres. A atividade humana contribui em acelerar processos morfológicos fluviais, devido ao uso desordenado da terra, afetando a taxa de aporte e erosão natural. Isso tem sido demonstrado em estudos, onde o incremento acelerado da taxa de sedimentos tem provocado alterações na dinâmica hidrossedimentológica, afetando diretamente sistemas lacustres (CARVALHO, 2009; BAYER; CARVALHO, 2008).

No caso da cidade de Boa Vista, capital do Estado de Roraima, desenvolve-se integralmente sobre o sistema lacustre do Lavrado. Conforme estudos de Falcão et al. (2012) sobre a pressão antrópica nos recursos hídricos, e de Oliveira; Carvalho (2014) mais especificamente sobre os lagos, identificaram setores urbanos com problemas à constantes alagamentos, além dos sanitários, devido aos lagos colmatados. Ferreira (2019) analisando o entorno da área de expansão da cidade de Boa Vista, identificou perda de 16,5 km² de área lacustre, representando 26,43% da área colmatada frente ao crescimento urbano. Esses lagos, segundo Ferreira (2019), foram colmatados em grande parte, devido a criação de novos bairros em um período de 28 anos.

Algumas perguntas são importantes para nortear o entendimento destes ambientes lacustres e seu em torno, por exemplo, *Como estão distribuídos os sistemas lacustres no lavrado? Qual o grau de conectividade dos sistemas lacustres com os fluviais, conectam-se em rios de primeira e segunda ordem? Há um padrão da forma dos lagos? Estes são perenes ou sazonais, ou existem áreas com ambos?* São perguntas pertinentes ao entendimento não somente com vistas à hidrogeomorfologia, mas com intuito de gerar subsídios para análises e classificação dos ambientes inundáveis, lacustres e fluviais, voltados não somente à descrição da paisagem, mas também como suporte à gestão territorial.

O objetivo deste trabalho foi compreender, em uma primeira análise, como os lagos do Lavrado estão distribuídos, como ocorre a dinâmica sazonal entre período chuvoso e estiagem, além de estimativas de sua representatividade em relação aos ambientes de áreas úmidas de Roraima.

Este estudo apresenta as características dos sistemas lacustres do Lavrado em Roraima com base em análises morfométricas e sazonalidade, cuja base para compreender estes ambientes lacustres está no foco da hidrogeomorfologia, que identifica e caracteriza os aspectos e processos relacionados à dinâmica de corpos hídricos com as características morfológicas do relevo (SCHEIDEGGER, 1973; MORAIS; AQUINO; LATRUBESSE, 2008; GOERL; KOBIYAM; SANTOS, 2012). Os resultados aqui apresentados buscam auxiliar na caracterização dos sistemas lacustres do Lavrado, identificando suas morfologias predominantes, aspectos morfológicos do relevo e o grau de conectividade deste ambiente de áreas úmidas de Roraima.

## 2. Área de Estudo

A região de estudo está inserida ao norte da Amazônia, região que abriga uma das maiores áreas de vegetação aberta amazônica, situada em parte no nordeste de Roraima, sudeste da Venezuela e centro-oeste da Guiana Britânica, a qual é compartimentada em diferentes patamares de aplainamento, com domínios paisagísticos diferenciados, sendo eles os campos do Lavrado (Roraima); campos da Gran Sabana (sudeste da Venezuela) e os campos do Rupununi (centro-oeste da Guiana Britânica), abrangendo uma área em torno de 70.000 km² conforme descrito em Carvalho; Carvalho; Morais (2016) (Figura 1).

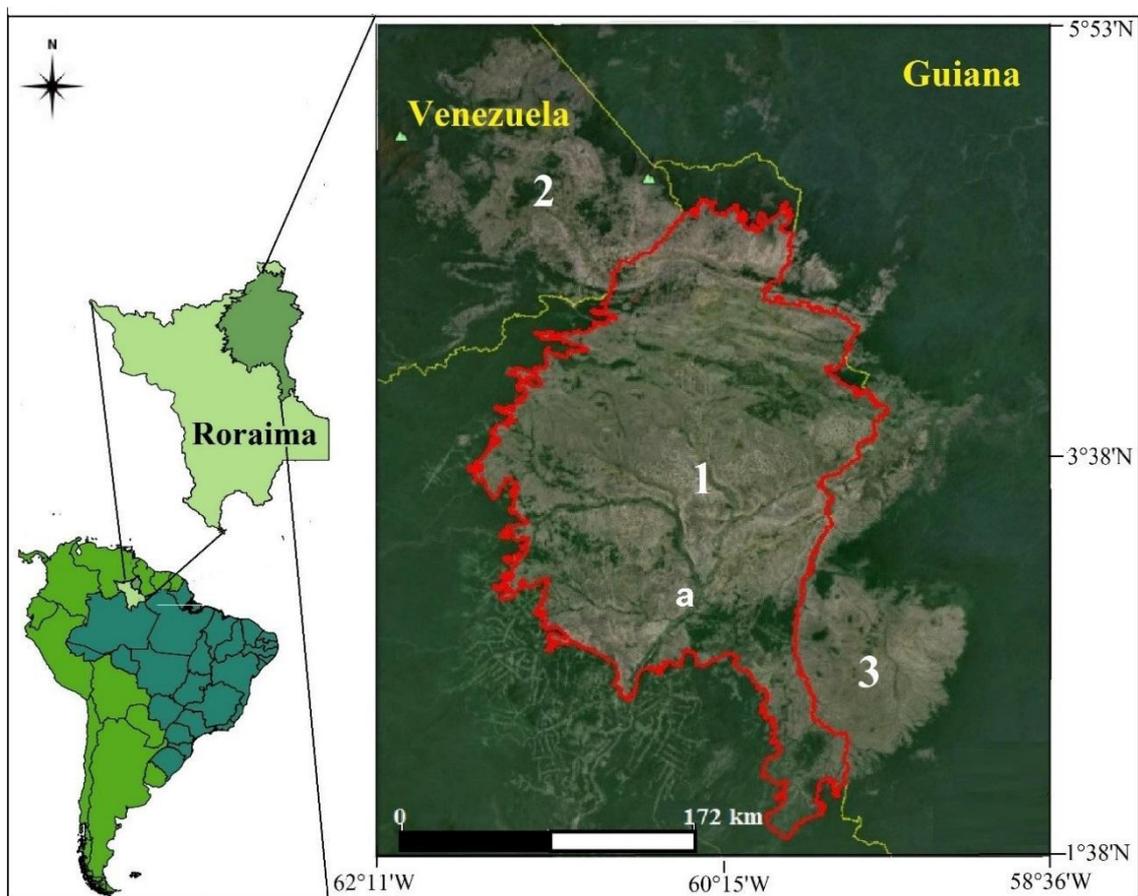



**Figura 1**. Localização da área de estudo. Imagem Landsat de base (mosaico 2013-2015). (1) - Limite do Lavrado em Roraima; (2) - Gran Sabana; (3) - Rupununi, Amazônia setentrional; (a) – capital Boa Vista, RR.

O Lavrado abrange 43.281 km², uma superfície de aplainamento modelada pelas nascentes do alto rio Branco, as quais drenam para o sul do Estado de Roraima, com cotas abaixo de 250 metros, formam extensas planícies fluviais e em determinadas áreas mal drenadas, originam-se os sistemas lacustres do Lavrado, porção NE de

Roraima (MORAIS; CARVALHO, 2015, 2020; CARVALHO; CARVALHO; MORAIS, 2016). A literatura cita diversos nomes para estas paisagens abertas roraimenses, por exemplo, campos do rio Branco, savana, cerrado (GUERRA, 1955; TAKEUSHI, 1960; BARBOSA; MIRANDA, 2004). Campo é termo genérico utilizado para muitas áreas de vegetação aberta brasileiras. O domínio do ecossistema do cerrado está a uma distância cerca de 2.000 km de Roraima.

O termo savana, utilizado para designar várias áreas de vegetação aberta no mundo todo, juntamente com os termos bioma e ecorregião, ao se juntarem formam as condições para um enfoque muito genérico sobre fisionomias de vegetação, sem situá-las adequadamente num contexto regional, o que gera confusão e erros ao descrever os aspectos bióticos, geográficos e ecológicos de ambientes os quais possuem relações específicas com os elementos funcionais da paisagem e seu grau de estruturação (interrelação) (EITEN, 1963; MORAIS; CARVALHO, 2015, 2020; CARVALHO; CARVALHO, 2012, 2015).

Sobre os compartimentos agradacionais e denudacionais de Roraima, a região do Lavrado é predominada por uma extensa superfície de aplainamento mais rebaixada com relação aos ambientes da Gran Sabana e Rupununi, conforme classificação elaborada por Carvalho (2014). Na Gran Sabana, formada por campos entremeio a floresta Amazônica do sudeste da Venezuela, situa-se em um compartimento com cotas em torno de 1000 metros. A região do Rupununi enquadra-se em um compartimento intermediário entre a Gran Sabana (mais elevado) e o Lavrado (rebaixado), cujas cotas situam-se entre 200 a 350 metros, ambiente modelado pelos rios Rupununi, Esequibo e Tacutu no oeste da Guiana Britânica. O Lavrado, situado num compartimento inferior, desenvolve-se principalmente entre 60-200 metros de altitude, representando 75% do domínio do Lavrado, o qual se estende em parte até o contato da Gran Sabana e ao Rupununi, conforme descrito anteriormente. Nesta região predominam colinas dissecadas, localmente conhecidas como tesos, formas originadas pela dissecação da drenagem em torno dos sistemas lacustres interconectados por igarapés inter-tesos, cuja declividade varia entre 0° a 5° em relevo plano com baixa energia, favorecendo o aporte de material sedimentar, basicamente arenoso, proveniente das áreas adjacentes elevadas do escudo cristalino Guiano (CARVALHO, 2014; CARVALHO; CARVALHO; MORAIS, 2016).

A baixa energia do relevo na região central do lavrado favorece a formação de um interessante sistema de lagos de formato predominante circular, não fluviais. A formação destes lagos está associada às águas pluviais e oscilação do lençol freático, são em sua maioria cabeceiras de canais de primeira ordem que dão origem aos buritizais (*Mauritia flexuosa*). É um sistema hidrogeomorfológico similar aos morichales dos Llanos do Orinoco. São lagos predominantemente sazonais, rasos (~1 a 3 metros de profundidade), conforme descrito por Meneses; Costa; Costa (2007) e Morais; Carvalho (2015).

Nesta região, a precipitação média é de 1643 mm·ano$^{-1}$. Possui uma sazonalidade climática bem definida, com uma estação seca e outra chuvosa. O período chuvoso (abril-setembro) tem em média 1384 mm·ano$^{-1}$, com média mensal de 280 mm; no período seco (outubro-março) a média anual é de 270 mm, e média mensal de 45 mm (MORAIS; CARVALHO, 2015; SANDER; WANKLER; CARVALHO, 2018).

Menezes; Costa; Costa (2007) caracterizam o sistema lacustre próximo à região de Boa Vista, margem direita do rio Branco, como lagos sazonais, colonizados por macrófitas, cerca de 62% são intermitentes, com profundidades variando 0,8 a 2,5 metros, alimentados pela subida do lençol freático (estação chuvosa), com predominância de sedimentos arenosos (formação Boa Vista), os quais não estão associados à dinâmica da planície fluvial do rio Branco. Este peculiar sistema lacustre apresenta características semelhantes aos lagos da região do Vão do Paranã, Estado de Goiás, vegetação de cerrado, são predominantemente arenosos, colonizados por macrófitas, com diâmetro variando entre 100-300 metros, profundidade média de 2,2 m e sazonais (CARVALHO; ZUCCHI, 2009).

## 3. Materiais e Métodos

A metodologia está baseada em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizadas com apoio do Mepa (Laboratório de Métricas da Paisagem), Departamento de Geografia/UFRR, com material disponível em seu banco de dados.

Os sistemas lacustres foram identificados pelo método de classificação supervisionada, com base em imagem do Landsat 8, do ano de 2014 (junho-julho) para o período chuvoso e imagem de 2015 (janeiro-fevereiro) para o período de estiagem. Após a classificação, a classe de massa d´água, arquivo raster, foi transformada para vetor. Este procedimento foi necessário para que fosse possível trabalhar com os dados em forma vetorial, possibilitando

a edição dos dados e controle em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG), por exemplo, a separação de igarapés, rios e demais feições que não pertencesse a classe de sistemas lacustres. Esta etapa de correção foi realizada no programa QGIS 2.2 (http://qgis.osgeo.org), através de ferramentas de edição vetorial.

Também foram contabilizadas a quantidade e a área ocupada pelos lagos perenes e temporários. Com a finalidade de comparação, os vetores identificados para os lagos no período de estiagem e chuvoso foram sobrepostos em camadas sobre o limite vetorial do Lavrado, para análise das morfologias dos lagos, agrupamentos, e a relação destes com a rede drenagem fluvial. O padrão de agrupamento foi baseado na análise espacial pelo método de vizinho mais próximo, cujo objetivo é verificar a tendência ou não ao agrupamento, conforme metodologia empregada em Morais e Carvalho (2014). Este método analisa a distribuição espacial dos lagos por meio da distância média estimada e a distância média esperada em função da área, cujo índice quando mais próximo de 1 possui tendência ao agrupamento, não estando os elementos dispersos ao acaso.

A morfologia dos lagos se refere ao índice de forma, o qual se baseia em atribuir uma correlação entre parâmetros morfométricos como área, perímetro, largura e comprimento. Estas variáveis são úteis para identificar a forma aproximada do lago, correlacionando com uma figura geométrica como padrão circular, subcircular, sub-retangular e dendrítico. Para determinar estes padrões morfométricos dos lagos, foi utilizado índice de desenvolvimento de circularidade, alguns autores denominam de índice de desenvolvimento de costa (WETZEL, 1975; HENGL; EVANS, 2009; CARVALHO; ZUCHI, 2009; SANTOS; CARVALHO; CARVALHO, 2013).

O índice de Desenvolvimento de Circularidade é calculado conforme mostra a Eq. (1).

$$DC = \frac{P}{2}.r.\pi \quad (1)$$

Onde as variáveis representam $P$ = perímetro do lago; $A$ = área do lago; $r$ = raio de um círculo de mesma área do lago, calculado conforme Eq. (2).

$$r = \sqrt{A}.\pi \quad (2)$$

Atribui-se uma forma perfeita circular com índice igual a 1 e quanto maior o índice mais irregular é a forma. Os índices consideram as seguintes formas geométricas: Circular entre $1< DC \leq 1.25$; Semicircular entre $1,25 < DC <1.5$; Semiretangular entre $1,5 \leq DC \leq 3$; e Dendrítico $DC > 3$.

Esta etapa foi elaborada usando o algoritmo VLATE 2 (*Vector-based Landscape Analysis Tools*), extensão para o ArcGIS 10 (ESRI Inc, 2016). Segundo Timms (1992) estes padrões podem estar relacionados a lagos de dolinas, cone vulcânico, depressão (circulares); lagos de circo, dolinas de deflação, *kettle* (subcirculares); lagos tectônicos, vales glaciais (semirretangulares); lagos em vale glacial, litorâneos (dendrítico). Estes padrões devem ser analisados dentro de um contexto geográfico regional da área de estudo.

O uso do modelo digital de elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 metros processado no QGIS 2.2 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2017), foi utilizado para descrever algumas características morfológicas do relevo como hipsometria, declividade e interpretar de forma visual áreas com forte ou fraca dissecação do relevo. Estes parâmetros morfométricos são importantes para analisar e inferir sobre a dinâmica hidrogemorfológica e respectivos ambientes denudacionais (erosivos) e agradacionais (deposicionais), conforme metodologia empregada por Carvalho; Latrubesse (2004); Carvalho; Bayer (2008).

**4. Resultados**

Devido à sazonalidade da estação seca e chuvosa bem definida para a região nordeste de Roraima, os lagos apresentam-se dois comportamentos distintos, sendo perenes e temporários, em que foram registrados 12.000 lagos que se mantém com água durante a estação seca e 17.000 lagos com água na estação chuvosa. Esta sazonalidade dá condições a uma diferença de 5.000 lagos, os quais são temporários e se distribuem de forma homogênea ao longo da superfície de aplainamento do Lavrado.

Em relação à morfologia dos lagos, os que mais se destacam na paisagem e predominam em maiores quantidades durante os períodos chuvoso e de estiagem, são os circulares e semicirculares. Estes possuem algumas características específicas, tais como índice de forma mais próximos a 1, pequena extensão de área lacustre e de perímetro. No período de estiagem o tamanho médio dos lagos é de 23.200 m², cujos tamanhos variam entre 2.300 m² a 3 km², com perímetro médio de 811,03 m, e índice de forma médio de 1,49. No período chuvoso o tamanho

médio é de 44.947 m², cujo tamanhos variam entre 2.300 m² a 18 km², com perímetro médio de 1.106 m e índice de forma médio de 1,41.

Observou-se três categorias de lagos, sendo classificados em lagos de nascentes; lagos isolados e lagos conectados (Figuras 2 e 3). Os lagos de nascentes se caracterizem por serem as cabeceiras de igarapés, normalmente são semicirculares, com índice de forma em torno de 1,4, onde inicia-se um pequeno igarapé, dando origem a um canal de primeira ordem, com buritis jovens, e esparsos, pertencentes a um sistema de drenagem do tipo dendrítica, sendo esta classe a de maior abrangência no Lavrado.

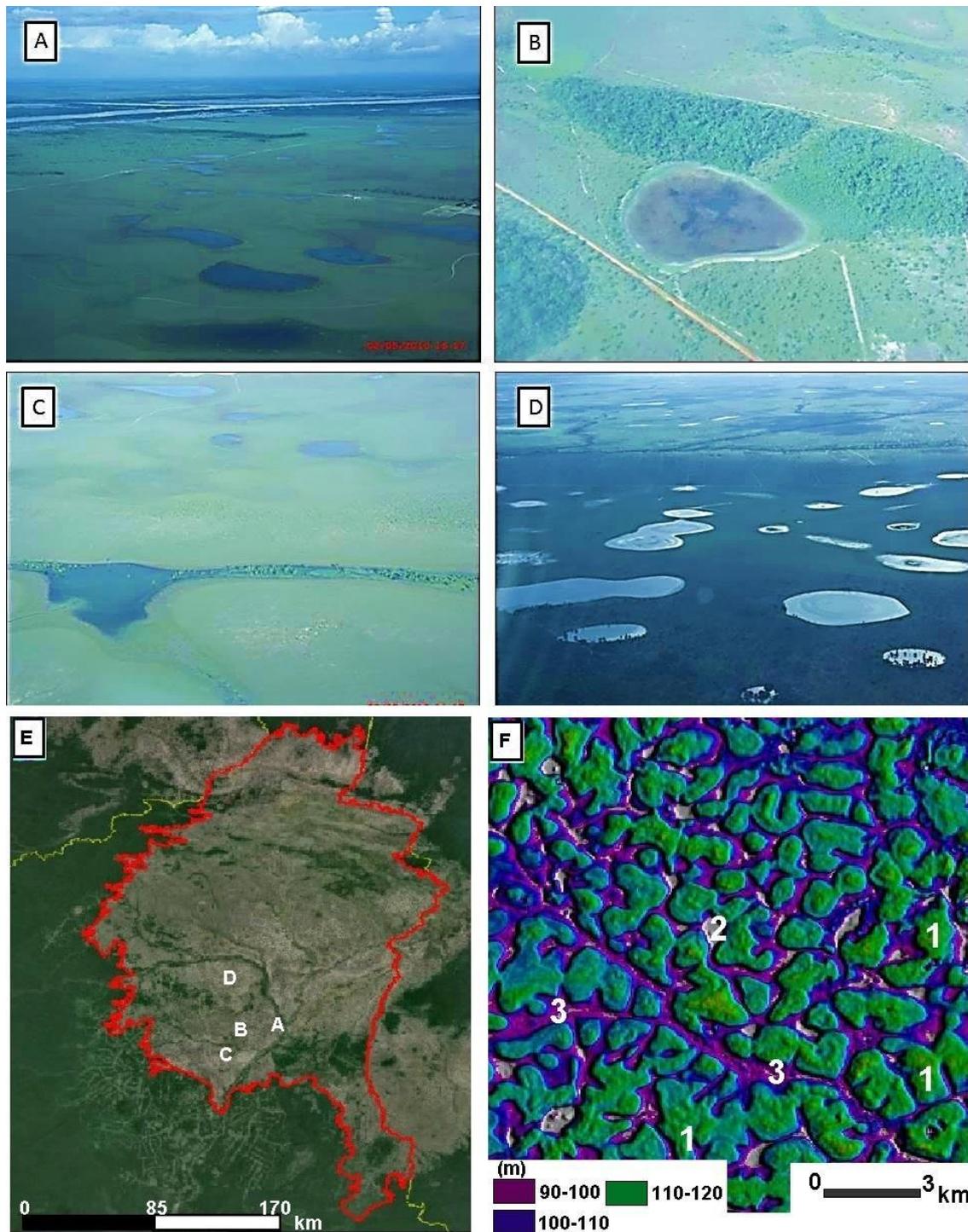



**Figura 2.** Principais tipos de lagos do lavrado. Fotografias de 2011; Imagem Landsat RGB543 (2018); MDE/SRTM (2001). (A) Lagos semicirculares isolados, ao fundo confluência dos rios Uraricoera e Tacutu; (B) Lago semicircular isolado em borda de ilha de mata; (C) Lago de nascente em veredas (D) Lagos isolados circulares e conectados; (E)

Área das proximidades do rio Uraricoera exemplificando os locais das fotografias aéreas; (F) Modelo de elevação indicando áreas mais elevadas, tesos, em tons verde (1), áreas abaciadas dos lagos (2), e os vales dos igarapés (3).

No caso dos lagos do tipo isolados se configuram por não apresentarem conexão direta com demais lagos circunvizinhos, mesmo no período chuvoso, ou quando apresenta conexão na cheia, é através de pequeno fluxos temporários do escoamento superficial. São lagos geralmente circulares, índice com tendência a 1, de pequena extensão, não pertencentes a um sistema de igarapé, e raramente ocorrem dentro das ilhas de mata do lavrado, e quando não-circulares, com tendência morfológica retangular. Estes lagos estão inseridos em área com drenagem retangular e sub-retangular, como na região do município de Bonfim, cujo relevo apresenta dissecação média associados ao controle estrutural (falhas), conforme discutido em Silva e Carvalho (2020).

Os lagos conectados são formados por uma interconexão de uma rede de igarapés, os quais se articulam diretamente entre si. Durante o período chuvoso, a predominância são os lagos conectados, formando um sistema lacustre único. Porém, no período de estiagem, estes geralmente estão associados a dois lagos que permanecem conectados, diretamente ou por um pequeno canal (depressão).

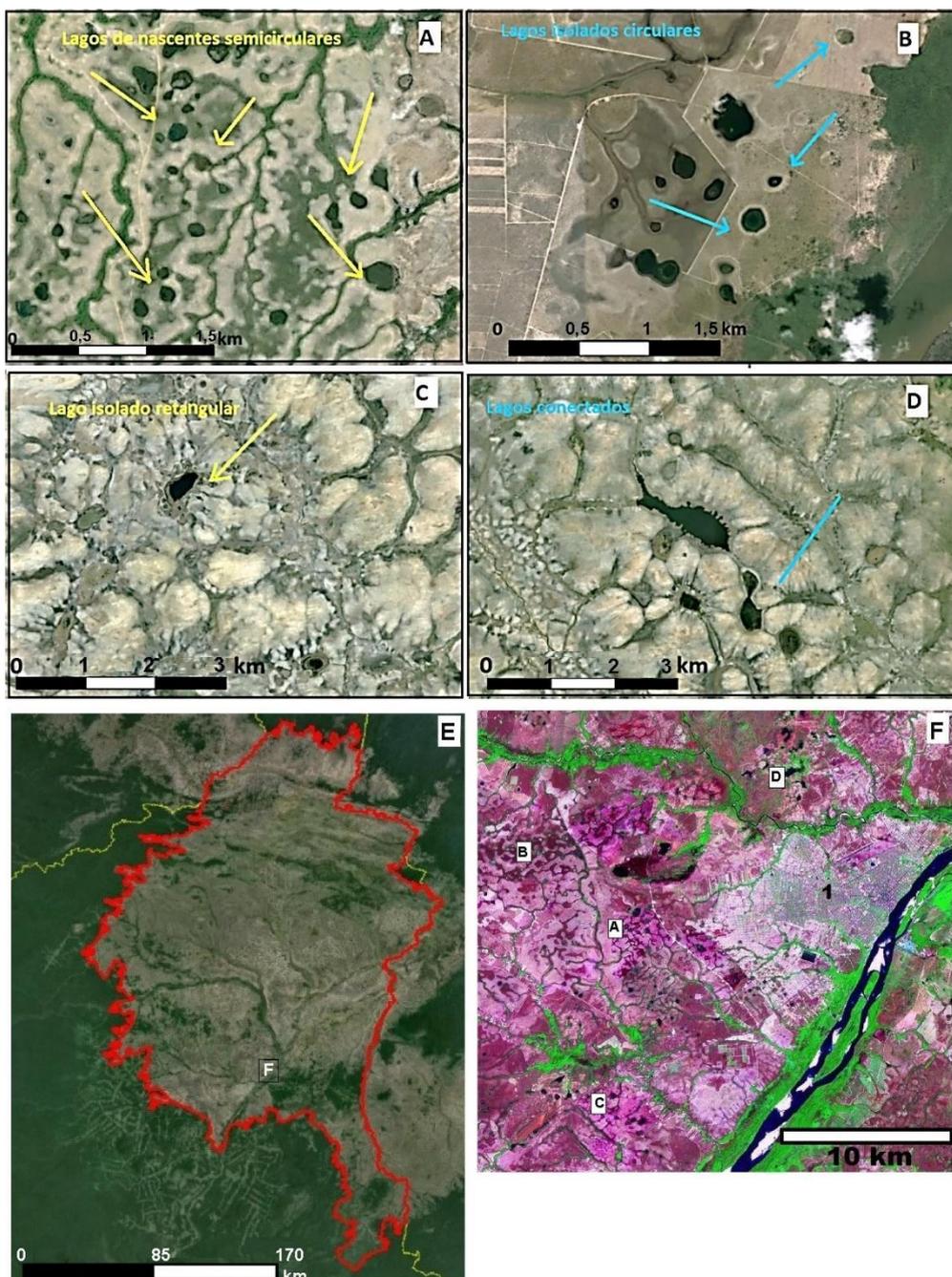



**Figura 3.** Exemplos dos tipos de lagos no entorno da cidade de Boa Vista, RR. Imagens Landsat RGB543 (2018). (A) Lagos de nascentes semicirculares; (B) Lagos isolados circulares; (C) Lago isolado retangular; (D) Lagos conectados; (E) Limite do Lavrado - (a) Capital Boa Vista, RR; (F) Área do entorno de Boa Vista, RR (1).

Analisando o grau de conectividade dos lagos, observou-se que durante o período chuvoso essa característica torna-se mais evidente na medida que os lagos temporários são reativados, devido à elevação dos níveis de chuva e do lençol freático. Com base na análise espacial dos lagos, segundo o método do vizinho mais próximo, a distância média entre os lagos estimada foi de 408 metros, com índice de agrupamento de 0,48. A figura 4 exemplifica esta conectividade, cujos dados permitiu identificar agrupamentos de núcleos lacustres que se formam no período chuvoso, conforme ilustrado na figura 6B.

Durante o período de estiagem essas conexões se dissipam, resultando em uma paisagem com lagos perenes isolados ou com baixo grau de conexão, totalizando 12.000 lagos, devido à perda de lagos temporários (5.000 lagos). Neste período os lagos possuem maior distância entre si, cuja média é de 544 metros, com índice de 0,36 baseado na análise do vizinho mais próximo, apresentando menor tendência ao agrupamento (Figura 5). Neste período identificou-se núcleos lacustres mais isolados e em maior quantidade (Figura 6 A).

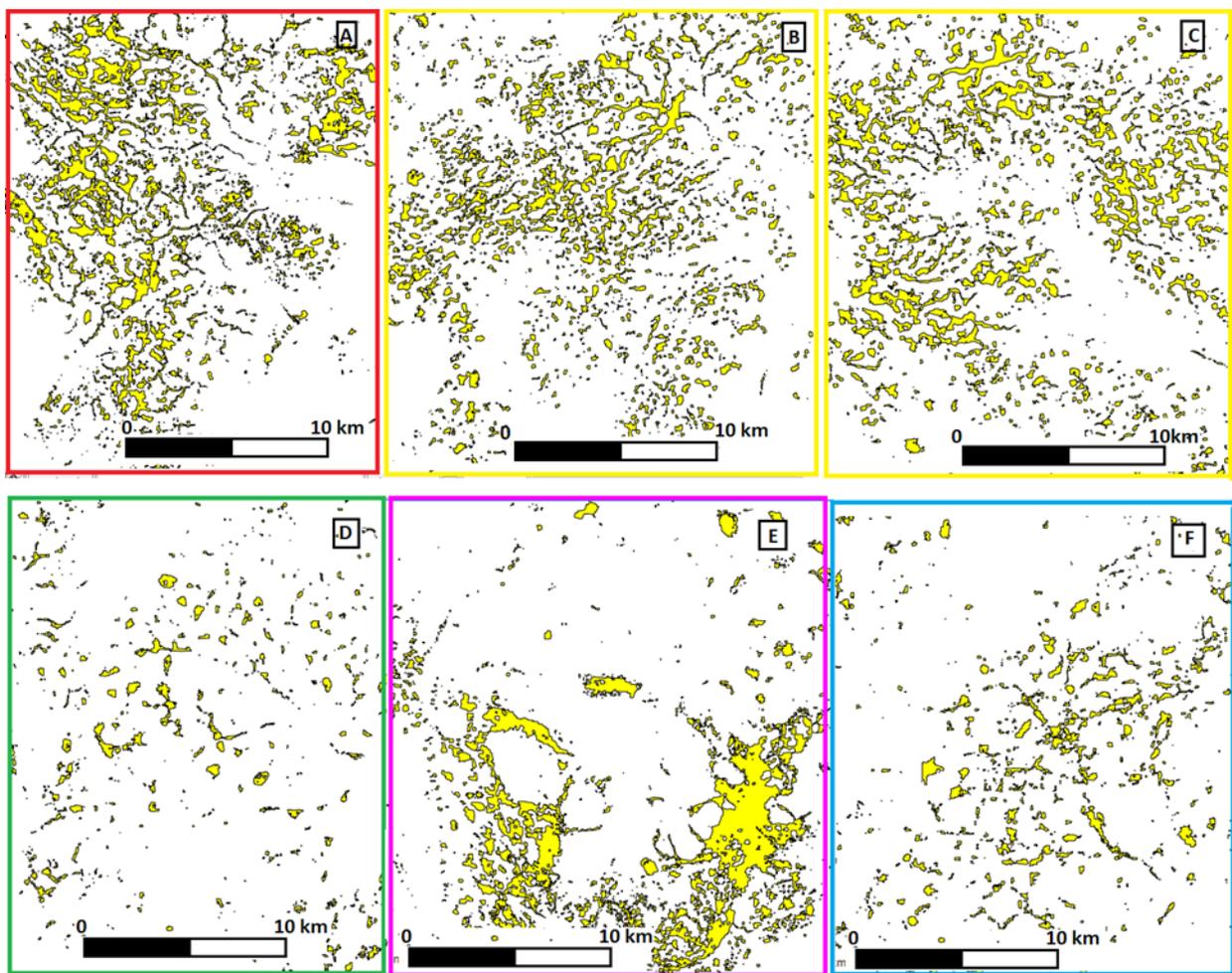



**Figura 4.** Exemplos de agrupamentos de sistemas lacustres no período chuvoso referentes a figura 6 B. (A) Região entre os rios Tacutu e Uraricoera; (B) e (C) Regiões do rio Branco; (D) Região da margem esquerda do rio Uraricoera; (E) Região da margem direita do rio Tacutu; (F) Região da margem esquerda do rio Tacutu.

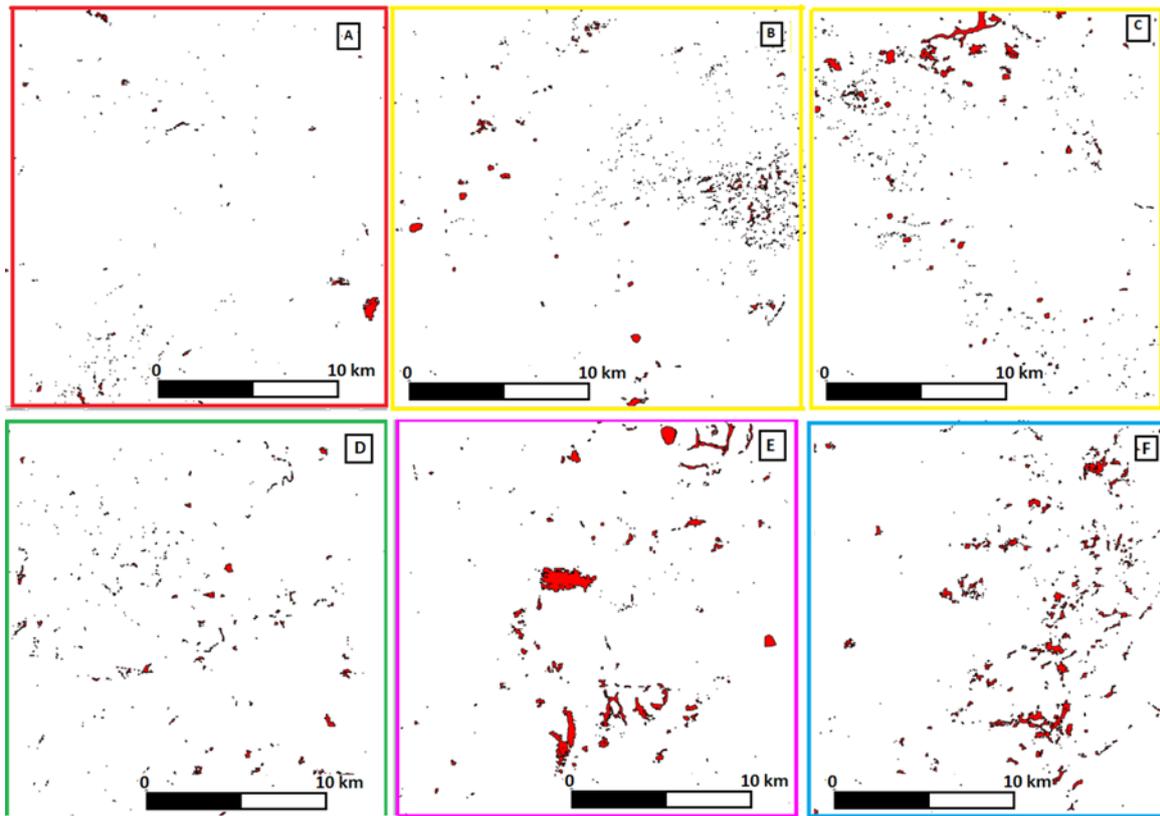



**Figura 5**. Lagos perenes isolados ou com baixo grau de conexão no período de estiagem, cuja distância média é de 544 metros. Agrupamentos referentes a figura 6 A. (A) Região entre os rios Tacutu e Uraricoera; (B) e (C) Região do rio Branco; (D) Região da margem esquerda do rio Uraricoera; (E) Região da margem direita do rio Tacutu; (F) Região da margem esquerda do rio Tacutu.

A figura 6 ilustra os núcleos formados no período de estiagem, onde ocorre a diminuição da concentração dos núcleos lacustres em determinadas áreas, formando fragmentos isolados na paisagem, e para o chuvoso, período de maior conectividade lacustre, aumentando o tamanho dos núcleos na paisagem. Estes núcleos lacustres se distribuem em regiões situadas na porção central do Lavrado, abrangendo os municípios de Boa Vista, parte da porção leste de Alto Alegre e Amajari, todo o sul de Pacaraima e Normandia e o norte de Bonfim, sendo que em Uiramutã só se registra a presença de poucos lagos temporários na porção sul do município.

Observa-se na figura 6 (A), que no período seco ocorre a formação de quatro pequenos núcleos localizados nas regiões próximas à margem direita do rio Branco: o primeiro núcleo na cor marrom da figura 6 (A) possui uma área de 466,81 km², porém, no período chuvoso ocorre aumento de área, com 1.401,21 km² (limite marrom da figura 6 B); os três núcleos em tons de amarelo na figura 6 (A) possuem respectivamente áreas 315,22 km², 228.67 km² e 426,65 km², no período chuvoso estes se conectam e formam um único núcleo com área de 2.702,42 km² (limite amarelo da figura 6 B). O núcleo em laranja na figura 6 (B) localizado na margem esquerda do rio Branco só se forma no período chuvoso, o qual abrange uma área de 367,82 km².

Nas proximidades da margem esquerda do rio Uraricoera, os dois núcleos lacustres mantidos na estiagem, representados em tons verde, possuem áreas de 582,81 km² (verde claro na figura 6 A) e 339,17 km² (verde escuro na figura 6 A); estes núcleos no período chuvoso expandem para 3.635,26 km² (verde claro na figura 6 B) e 1.531,92 km² (verde escuro na 6 B) respectivamente.

Os núcleos lacustres ao longo do rio Tacutu se formam nas proximidades de ambas as margens. Um núcleo nas proximidades da margem direita com área de 780,55 km² (em magenta na figura 6 A), o qual se expande para 2.837,98 km² (magenta na figura 6 B); Dois núcleos nas proximidades da margem esquerda em tons de azul (Figura

6 A), os quais possuem áreas de 291,85 km² e 700,35 km² na estiagem, e durante o período chuvoso se conectam formando um sistema lacustre interconectado de 3.114,24 km² (Figura 6 B).

No trecho interplanície da região de confluência entre os rios Uraricoera e Tacutu, ocorre um único núcleo lacustre, o qual durante o período seco abrange 267,81 km² (em vermelho na figura 6 A), e tem seu tamanho triplicado no período chuvoso, com 786,55 km² (figura 6 B).

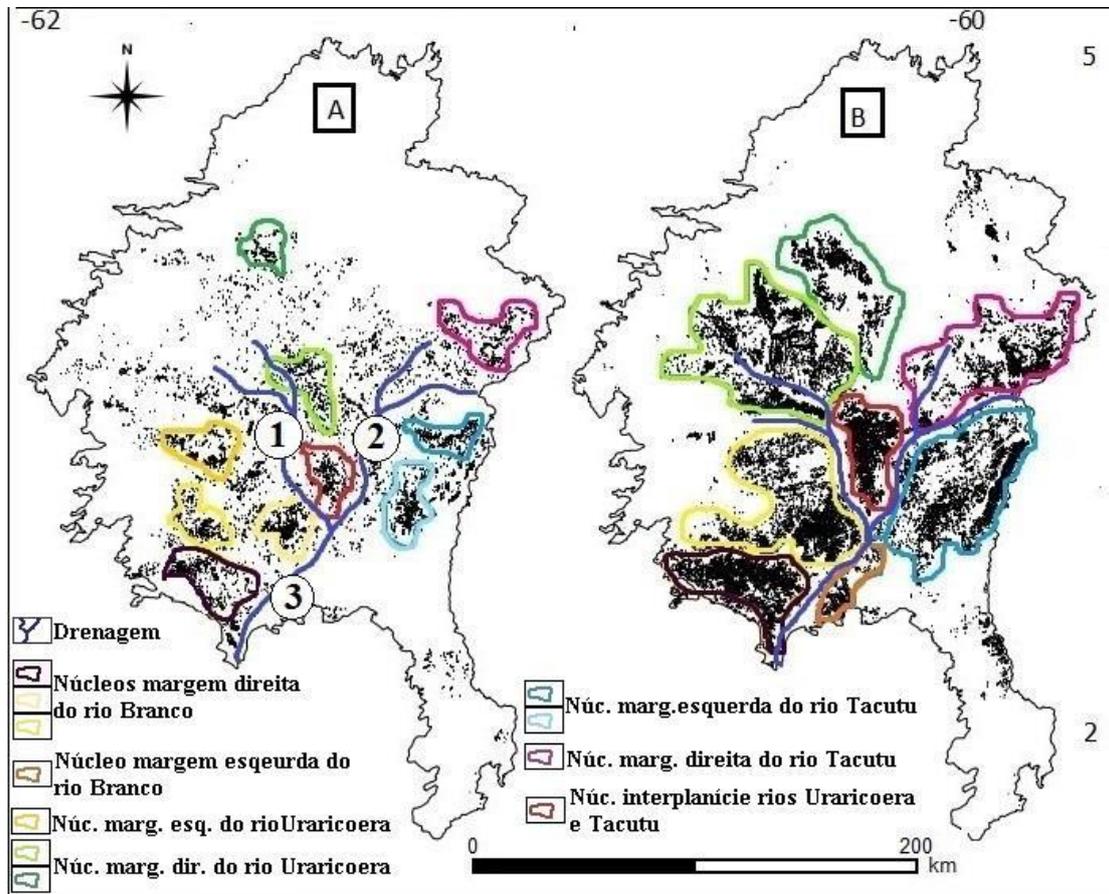



**Figura 6.** Dinâmica sazonal dos sistemas lacustres na paisagem do Lavrado nos períodos de estiagem (A) e chuvoso (B), porção nordeste de Roraima. (1) rio Uraricoera; (2) rio Tacutu; (3) rio Branco.

## 5. Discussão

No lavrado os sistemas lacustres predominantes estão localizados na extensa planície de aplainamento da Formação Boa Vista, composta por depósitos sedimentares Quaternários, sendo uma região de baixo gradiente topográfico, com dissecação fraca a muito fraca, condicionando ambientes mal drenados. Estes ambientes, devido ao baixo potencial energético do relevo, estocam água durante o período chuvoso, gerando lagos temporários. Em outros casos, devido rebaixamento da superfície por intemperismo químico, o qual é potencializado pelo contato com o lençol freático raso, proporciona a formação de lagos permanentes. São lagos formados em área inter-tesos, ou seja, nas depressões de suaves elevações (tesos) do Lavrado.

Em geral, os lagos do lavrado se desenvolvem entre cotas em torno de 70 a 100 metros de altitude e declividade que varia entre 0° a 5°, dominada por feições agradacionais – região estável, caracterizada por uma superfície aplainada pela rede de drenagem dos rios Uraricoera, Tacutu e Branco, com baixa energia, conforme discutido por Carvalho (2014). Esta região caracteriza-se por ser uma região de aporte de material sedimentar, basicamente arenosos, provenientes das áreas adjacentes mais elevadas (Complexo do Escudo das Guianas) – em meio a uma vegetação campestre entrecortada por igarapés de buritizais, matas de galeria e ilhas de mata (CARVALHO, 2014). As ilhas de mata desenvolvem-se em pequenas elevações, geralmente com crostas lateríticas e fragmentos desmantelados, formações regionalmente denominadas de tesos (morros rebaixados). As bacias lacustres são rasas,

geralmente < 2 metros de profundidade, de pequeno porte, com perímetro média entre 100-300 metros, e com o nível de água controlado sazonalmente pelos períodos chuvoso e estiagem (MENESES; COSTA; COSTA, 2007; CARVALHO; MORAIS; CARVALHO, 2016).

Com relação aos tipos de lagos, verificou-se que existem morfologias distintas, influenciadas em geral pela precipitação e gradiente do relevo. De forma geral, estes lagos foram classificados de acordo com sua relação com o em torno, em que se observou lagos os quais dão origem aos igarapés com buritizais, sendo perenes; outros são isolados, de menor tamanho em relação aos demais, porém, a maioria são temporários; e os lagos conectados, que por motivos estruturais do relevo, conectam-se à outros lagos adjacentes, podendo ocorrer em ambas estações seca e chuvosa.

Observou-se, conforme os dados do índice de forma, que os lagos de característica mais circulares, índice mais próximo de 1, geralmente estão localizados em áreas sobre crostas lateríticas, sem formar ou se conectar à canais de primeira ordem, estando estes lagos dispostos na paisagem sem tendência a agrupamentos, sendo na maioria temporários, os quais foram classificados como lagos isolados. Configuram-se por não apresentarem conexão direta com demais lagos circunvizinhos, mesmo no período chuvoso, ou quando apresenta conexão na cheia, é através de pequenos fluxos temporários devido ao escoamento superficial laminar. Estes lagos isolados são lagos geralmente circulares, de pequena extensão, não pertencentes a um igarapé de buritizais, e raramente ocorrem dentro das ilhas de mata do lavrado, e quando não circulares, com tendência morfológica retangular, o que podem estar associados ao controle estrutural (falhas), inseridos em área com drenagem retangular e sub-retangular, como na região do Município de Bonfim, relevo com dissecação média.

Os lagos com índice de forma semicirculares (em média 1,5) são em geral formadores dos canais de primeira ordem, classificados como lagos de nascente, com presença típica de buritizais, sendo estes um indicador destes lagos. São representativos em áreas mais rebaixadas do Lavrado, com fraca dissecação, em sistemas de drenagem geralmente dendrítica. As áreas em que ocorrem estes lagos semicirculares tendem no período chuvoso a formarem grandes núcleos lacustres agrupados, evoluindo para superfícies alagadas entre tesos (pequenos morros) e os igarapés, caracterizando-se nos principais sistemas interconectados de áreas úmidas de Roraima.

A terceira classe representa os lagos conectados, em geral com índice de forma maior que 1,5. Estes lagos conectam-se à outros adjacentes, geralmente formam um sistema binário, em que se tem dois lagos circunvizinhos, e que por motivos estruturais do relevo, como áreas de médio ou forte controle estrutural de vido à falhas geológica promovem a conexão dos lagos, assim como pelo solapamento do manto de intemperismo, que altera o gradiente topográfico e cria um canal que conecta com lagos adjacentes, sendo estes lagos na maioria mantidos tanto na estação seca como chuvosa, conforme discutido em Carvalho (2014) e Carvalho, Morais e Carvalho (2016). Porém, uma parte destes é controlado pela precipitação e nível do freático, os quais são isolados em um curto período de tempo na estiagem.

Com relação à sazonalidade, no período chuvoso ocorre um aumento no número de lagos temporários, em que 5.000 lagos são mantidos pela precipitação, totalizando 17.000 lagos neste período, o que representa uma densidade em torno de 0,39 lagos/km² distribuídos na paisagem do Lavrado. Durante a estiagem 12.000 lagos permanecem mantidos pelo nível do freático, em regiões que de acordo com Carvalho (2014) possuem formação geológica (em geral nas áreas de capeamento laterítico), e gradiente topográfico (em geral nas áreas mais rebaixadas e com baixa dissecação), com 0,28 lagos·km$^{-2}$.

Esta dinâmica sazonal entre estiagem e estação chuvosa, onde ocorre uma fase terrestre e aquática, ocasiona a formação de núcleos composto por sistemas lacustres interconectados. As formações dos núcleos lacustres referem-se ao grau de agrupamento dos lagos, que devido às condicionantes do relevo, geológica e clima, os lagos possuem maior ou menor tendência a se agruparem, ocorrendo locais com maior e menor densidade lacustre.

Observou-se que grau de agrupamento dos lagos formam extensas áreas alagadas entre tesos (formações adjacentes mais elevadas) ao longo da superfície aplainada do Lavrado. Durante a estiagem a paisagem do lavrado encontra-se mais fragmentada, com menor número de lagos agrupados, o que explica a maior quantidade de núcleos lacustres, porém, em menor área. Neste período a distância média entre os lagos é em torno de 0,54 km, indicando a tendência de se encontrar um lago na paisagem a cada meio quilômetro, conforme os dados pelo método do vizinho mais próximo. No período chuvoso os lagos tendem a se conectarem entre si e aos igarapés, cuja tendência da distância média é de 0,40 lagos a cada quilômetro, este maior agrupamento promove a conexão com os núcleos adjacentes, antes isolados na estiagem, formando núcleos maiores e em menor quantidade. Neste

período ocorre a formação de extensas áreas úmidas na paisagem do Lavrado, promovendo a troca de fluxos da fauna, flora e ciclagem de nutrientes, conforme discutido no conceito de pulso de inundação de Junk, Bayley e Sparks (1989), porém, para sistemas fluviais.

Conforme essa discussão sobre a dinâmica dos núcleos lacustres, destacam-se os núcleos do em torno da superfície aplainada dos rios Branco e Uraricoera, área com maior dinâmica no pulso da fase terrestre e aquática dos sistemas lacustres do Lavrado.

Com relação à sazonalidade na região do em torno da margem direita do rio Branco, durante a estiagem, pode-se observar a existência de quatro núcleos agrupados, os quais possuem no total 1.437,35 km². Estes quatro núcleos próximos, em sua maioria, são compostos por lagos semicirculares de nascente, os quais formam a maior rede de drenagem dendrítica de canais de primeira e segunda ordem do Lavrado (região com maior densidade de igarapés), e desenvolvem-se em uma superfície aplainada mais rebaixada, com cotas altimétricas em média entre 70-80 metros, e de menor gradiente topográfico, o que pode explicar sendo a região com maior número de lagos perenes. Durante o período chuvoso, nesta região da margem direita do rio Branco, os núcleos lacustres se conectam formando dois grandes núcleos, que somadas as áreas, abrangem 4.103,63 km². O único núcleo lacustre sazonal, que se forma apenas durante o período chuvoso, se desenvolve nas proximidades da margem esquerda do rio Branco, área com maior gradiente topográfico e controle estrutural, em relação aos sistemas lacustres da margem direita, em uma superfície com cotas altimétricas em torno de 80-110 metros.

A maior dinâmica sazonal entre a fase terrestre e aquática, dos núcleos dos sistemas lacustres, ocorre na região do em torno do rio Uraricoera. Na estiagem tem-se a ocorrência de dois núcleos isolados, proximidades da margem esquerda do rio Uraricoera, que somadas as áreas abrangem 921,98 km². Estes desenvolvem-se em uma superfície com cotas altimétricas em torno de 90-110 metros, sendo uma região com maior controle estrutural, isso devido ao contato com o sistema erosivo recuante das serras Parima e Pacaraima, conforme descrito por Carvalho (2014). No período chuvoso estes núcleos se expandem, porém, se mantém isolados, cujas áreas somadas abrangem 5.167,18 km² de superfície alagada entre morros, serras e planícies fluviais de segunda e terceira ordem, com maior presença de lagos isolados.

Considerando os sistemas lacustres e sua influência no em torno dos rios Branco e Uraricoera, formam um sistema de 2.359,33 km² de área úmida mantida na estiagem. Na estação chuvosa ocorre uma expansão de 25,44%, formando em torno de 10.000 km² de área úmida ao longo da superfície aplainada pelo sistema de drenagem Branco-Uraricoera, o que representa 22,32% de superfície do Lavrado.

Com relação aos sistemas lacustres do em torno do rio Tacutu, estes se formam ao longo da superfície aplainada em ambas as margens, sendo a região da margem esquerda de maior dinâmica sazonal, onde no período de estiagem dois núcleos se mantêm, cujas áreas somadas formam dois sistemas lacustres com 992,2 km². No período chuvoso ocorre conexão destes dois sistemas lacustres, formando um núcleo com 3.114,24 km². Nesta área os lagos se desenvolvem em cotas altimétricas em torno de 90-100 metros, com pouca presença de canais de primeira ordem, em relação aos demais sistemas lacustres, predominando lagos isolados formados sobre extensas crostas lateríticas, em um sistema de drenagem com maior controle estrutural, sobre a falha geológica do Tacutu. Na superfície aplainada da margem direita ocorre um núcleo com 780,55 km², mantido durante o período de estiagem, e que se expande para 2.837,98 km² na estação chuvosa. Nesta área os lagos se desenvolvem em cotas mais baixas, em torno de 80-90 metros de altitude, com as mesmas características de drenagem e estrutural que os sistemas lacustres da margem esquerda.

São sistemas lacustres com função inversa a maioria dos sistemas lacustres em ambientes tropicais, estes são fonte de fluxo de água e sedimentos para as planícies fluviais, os quais formam uma rede de pequenos canais de primeira e segunda ordem (igarapés), e que devido ao gradiente topográfico os direcionam para as planícies fluviais, sendo os rios Tacutu, Uraricoera e Branco os três principais sistemas fluviais que drenam esta área de lagos do Lavrado. Este processo é o inverso do conceito de pulso de inundação de Junk, Bayley e Sparks (1989). Wantzen et al. (2008) estende o conceito de pulso de inundação para sistemas lacustres que possuem sua vitalidade durante as cheias dos grandes sistemas de planícies fluviais, mas não considera os sistemas lacustres não fluviais.

Em geral, no Estado de Roraima, os ambientes agradacionais destacam-se pelo baixo gradiente do relevo, no caso do lavrado predomínio do gradiente topográfico varia entre 0° a 5° de declividade, por possuírem planícies fluviais bem desenvolvidas, em que os principais rios formam pelo menos 17.500 km² de área úmida, levando em consideração as formações de sistemas lacustres fluviais, formando ambientes periodicamente alagáveis no

lavrado (NE de Roraima) e nas campinaranas (centro-sul de Roraima) conforme descrito por Carvalho (2014, 2015). Conforme os dados analisados neste estudo, para os ambientes lênticos e lóticos, considerando os lagos não fluviais e os canais de primeira e segunda ordem, formam um sistema hidrogeomorfológico e ecológico entremeado por campos e igarapés (conectividade flúvio-lacustre), em que podemos estimar cerca 4.400 km² de área úmida que se desenvolve ao longo da superfície aplainada do Lavrado. No entanto, devido à dinâmica sazonal climática, as áreas úmidas se dissipam abrangendo em torno de 16.000 km², um crescimento de 363%.

Estes ambientes em Roraima são importantes para compreensão sobre sua dinâmica hidrogeomorfológica, ecológica e de gestão territorial. Outro exemplo destes ambientes lacustres são as campinaranas no centro-sul de Roraima, que conforme Carvalho (2015) abrangem cerca de 8.000 km², imposta sobre paleo-aluviões do sistema de drenagem dos rios Catrimani e Água Boa do Univini, afluentes do rio Branco, e do Xeruini, afluente do rio Negro. Conforme os dados aqui apresentados, e somando-se aos dados de Carvalho (2015), que segundo estudos sobre estas áreas úmidas em Roraima considerou somente rios com planícies fluviais desenvolvidas, campos com sistemas lacustres do centro-sul e áreas de influência de buritizais, tem-se em Roraima cerca de 36.840 km² de áreas úmidas.

São necessários estudos mais pontuais, em escalas de maiores detalhes, estabelecendo também a relação com os padrões estruturais de falhas geológicas, assim como em relação à relação com o aquífero Boa Vista, conforme estudos de Wankler, Oliveira e Sander (2021), Souza e Carvalho (2017).

## 6. Conclusões

Dentre os diversos ambientes geomorfológicos de Roraima, os de áreas abertas abrange relevos baixos, arrasados por intemperismo químico profundo (etchplanação), com nível de base local representado pela formação de sistemas lacustres com destaque na porção nordeste do Estado.

A região dos campos do nordeste de Roraima, o Lavrado, abarca diferenças marcantes em termos de relevo, solo, vegetação e drenagem, abrangendo cerca de 43 mil km². O relevo do lavrado é suave, com cotas em torno de 50-200 metros de altitude, formadas por colinas dissecadas, localmente conhecidas como tesos, formas originadas pela dissecação da drenagem em torno dos sistemas lacustres interconectados por igarapés. Ocorrem também serras isoladas, com altitudes entre 300-800 metros.

É uma região de aporte de material sedimentar, basicamente arenoso, proveniente das áreas adjacentes elevadas do escudo das Guianas. A baixa energia do relevo na região central do lavrado favorece a formação de um interessante sistema de lagos de formato circular, não fluviais, o quais foram classificados como lagos de nascentes, lagos isolados e lagos conectados. Os sistemas lacustres são os elementos presentes em abundância na paisagem do Lavrado. Possuem características morfológicas únicas, em virtude dos processos gerados a partir de sua origem e evolução morfogenética. A formação destes lagos está associada às águas pluviais e ao lençol freático.

O grau de conectividade dos lagos é uma característica marcante deste sistema que fragmenta a paisagem do Lavrado, a qual se comporta de duas maneiras: no período chuvoso são mais interconectados entre si e à rede de drenagem pelos canais de primeira e segunda ordem com densidade média de 0,4 lagos·km$^{-2}$; no período de estiagem essas conexões se dissipam resultando em uma paisagem com lagos perenes isolados e pouco conectados à rede de drenagem com média de 0,28 lagos·km$^{-2}$. Estes lagos formam um sistema interconectado por campos e igarapés o qual abrange cerca de 10% da superfície aplainada do Lavrado durante a estiagem, representando um sistema de áreas úmidas perene, com cerca de 4.400 km² de extensão. Durante a estação chuvosa estas áreas úmidas, formam extensos núcleos de sistemas lacustres interconectados, em que se estimou 16.000 km² de extensão, representando 37,20% da área do Lavrado. São dados que precisam ser comparados com as demais áreas úmidas de Roraima, permitindo melhor aproximação da abrangência destas áreas nos variados ambientes geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Branco.

Percebe-se sobre esta paisagem formada por ambientes lacustres, assim como os rios que a disseca, é a mais dinâmica de Roraima com relação à hidrogeomorfologia, a qual está em constante mudança em detrimento à sazonalidade do período chuvoso e estiagem bem definidos. Esta dinâmica na paisagem, levando em consideração seus elementos que a compõe e suas funções, serve de subsídio para compreender o grau de fragilidade e vulnerabilidade que estes ambientes possuem frente às forças de ordem natural e antrópica, cujas ações relacionadas à gestão territorial possam ter como base de consulta estudos como aqui apresentado.

**Contribuições dos Autores:** T.M.C. participou ativamente com esta pesquisa em todas as fases, sendo parte de seu doutoramento. R.P.M. participou na análise crítica, metodológica e dos resultados, sendo parte de sua orientação desta pesquisa. R.P.M. participou no processamento dos dados, via técnicas de geoprocessamento e auxílio nas análises dos dados.

**Financiamento:** Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem aos avaliadores pelas sugestões e críticas que contribuiu com o amadurecimento deste artigo.

**Conflito de Interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Referências

1. AB'SABER, A.N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais Quaternários. **Orientação**, v.3, p.1-19, 1977
2. BARBOSA, R.I.; MIRANDA, I.S. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R.; XAUD, H.; COSTA e SOUZA, J. (Ed.). **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**. 1ª Ed. Boa Vista: FEMACT, Brasil, 2004. p. 61-782.
3. BAYER, M; CARVALHO, T. Processos morfológicos e sedimentos no canal do rio Araguaia. **Revista de Estudos Ambientais**. v.10, n.2. p.24-31. 2008.
4. CARVALHO, T. Avaliação do transporte de carga sedimentar no médio rio Araguaia. **Geosul**, v. 24, n. 47, p.147-160. 2009. DOI:https://doi.org/10.5007/2177-5230.2009v24n47p147.
5. CARVALHO, T. Sistemas e ambientes denudacionais e agradacionais, uma primeira aproximação para o Estado de Roraima, norte da Amazônia. **Revista Acta Geográfica**, v.16, n.8, p.77-98. 2014.
6. CARVALHO, T. Síntese dos Aspectos Hidrogeomorfológicos do Estado de Roraima, Brasil. In: GORAYEB, P.; LIMA, A. (Ed.). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. 9ª Ed. Belém: SBG-Núcleo Norte. 2015. p. 435-450.
7. CARVALHO, T.; BAYER, M. Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n.1, p. 35-41. 2008. DOI:https://doi.org/10.20502/rbg.v9i1.99.
8. CARVALHO, T.; CARVALHO, C. Interrelation of geomorphology and fauna of Lavrado region in Roraima, Brazil suggestions for future studies. **Quaternary Science Journal**, v.61, n.2, p.146-155. 2012. DOI:https://doi.org/10.3285/eg.61.2.03, 2012.
9. CARVALHO, T.; CARVALHO, C. Paisagens e Ecossistemas. In: SILVEIRA, E.; SERGUEI, A. (Ed.). **Socioambientalismo de fronteiras: relações homem-ambiente na Amazônia**. 3ª Ed. Curitiba: Juruá. 2015. p.43-68.
10. CARVALHO, T.; CARVALHO, C.; MORAIS, R. Fisiografia da paisagem e aspectos biogeomorfológicos do lavrado, Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.17, p.94 – 107. 2016. DOI:https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1.669.
11. CARVALHO, T.; LATRUBESSE, E. Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macrogeomorfológicas: o Caso da Bacia Hidrográfica do rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.5, n.1, p.85-93. 2004. DOI:https://doi.org/10.20502/rbg.v5i1.34.
12. CARVALHO, T.; MORAIS, R. A paisagem do lavrado, nordeste de Roraima, como escala espacial para gestão territorial: uma questão urbano-ambienta. **Revista Ciência Geográfica**, v.24, n.3. 2020.
13. CARVALHO, T.; ZUCCHI, M. Morfometria e caracterização do meio físico de ambientes lacustres no vão do Paranã-Goiás, Brasil. Uma primeira aproximação. **Terra Nueva Etapa**, v. 25, n.38, p. 90-111. 2009.
14. EITEN, G. Habitat flora of fazenda Campininha, São Paulo, Brazil. In: I Simpósio sobre o Cerrado, 1963, São Paulo. **Anais**... São Paulo: EDUSP. 1963. p. 179-231.
15. ESRI Inc. **ArcMap (versão 10)**. Redlands, Estados Unidos, 2016.
16. FALCÃO, M.; BUÁS, A.; PINHEIRO, M.; OLIVEIRA, S. Impactos ambientais no igarapé Wai Grande em Boa Vista - Roraima decorrentes da influência do aterro sanitário. **Revista Geonorte**, v.3, n.4, p.199-207. 2012.
17. FERREIRA, I. **Sistemas lacustres da cidade de Boa Vista-RR: uma análise morfométrica entre 1990 e 2018**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Geografia, Boa Vista, Universidade Federal de Roraima. 2019. 52p.
18. FRANÇA, A.; FLORENZANO, T.; NOVO, E. Satellite Images Applied to Assess the Influence of Amazon River Seasonal Dynamic on the Floodplain Lake Morphology. **Open Journal of Ecology**, v. 4, p. 820 -831. 2014. DOI: 10.4236/oje.2014.413070.
19. GOERL, R.; KOBIYAMA, M.; SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, nº 2. 2012. DOI:https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.166.
20. GUERRA, A. Os lateritos dos campos do rio Branco e suam importância para a Geomorfologia. **Revista Brasileira de Geografia**. v.17, n.2, p.100-104. 1955.
21. HENGL T.; EVANS, I. Mathematical and Digital Models of the Land Surface. In: HENGL, T; REUTER, H. (Ed.). **Geomorphometry: Concepts, Software and Applications.** 1ª Ed. Hesse: Elsevier, Amsterdam, 2009. p. 31-63.

22. JUNK, W. J., BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian of Fisheries and Aquatic Sciences**, n.106, p.110–127. 1989.
23. MENEZES, E.; COSTA, M.; COSTA, J. Os lagos do lavrado de Boa Vista - Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências,** v.37, n.3, p.478-489. 2007.
24. MORAIS, R.; CARVALHO, T. Aspectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. **Revista Geociências**, v. 34, n.1, p. 55-68. 2015.
25. MORAIS, R.; AQUINO, S.; LATRUBESSE, E. Controles hidrogeomorfológicos nas unidades vegetacionais da planície aluvial do rio Araguaia, Brasil. **Acta Scientiarum**, **Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 411-421. 2008. DOI:10.4025/actascibiolsci.v30i4.5871.
26. OLIVEIRA, J.; CARVALHO, T. Vulnerabilidade aos impactos ambientais da bacia hidrográfica do rio Cauamé em decorrência da expansão urbana e uso para lazer em suas praias. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.8, n.1, p.61-80. 2014.
27. PESSENDA, L.; OLIVEIRA.; MOFATTO, M.; GARCIA, R.; ARAVENA, R.; LEITE, A. The evolution of a forest/grassland mosaic since 28,000 C-14 yr BP based on pollen and carbon isotopes**. Quaternary Research**, v.71, p.437-452. 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.01.008.
28. QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System (versão 2.2)**. 2017. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
29. SANDER, C.; WANKLER, F.; CARVALHO, T. Uma análise primária sobre a variação espaço-temporal de chuvas e a atuação de episódios de El Niño e La niña no Estado de Roraima. In: CAMARA, L.; HOLANDA. (Ed.). **Geociências de Roraima**. 2ª Ed. Boa Vista: EDUFRR, 2018. p. 191-216.
30. SANTOS, A.; CARVALHO, C.; CARVALHO, T. Importância de remanescentes florestais para conservação da biodiversidade: estudo de caso na mata atlântica em Sergipe através de sensoriamento remoto. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.7, n.2, p. 58-84. 2013.
31. SCHEIDEGGER, A. Hydrogeomor-phology. **Journal of Hydrology**, n. 20, p.193-215. 1973.
32. SOUZA, L.; CARVLHO, F. Contextualização geológica da porção sudoeste do Sistema Aquífero Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil a partir de sondagens elétricas verticais rasas. **Boletim Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**. v.12, n.1, p.91-107. 2017. DOI:https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v12i1.407.
33. SILVA, T.; CARVALHO, T. Compartimentação das bacias dos rios Uraricoera e Tacutu, Roraima, com base em parâmetros geomorfométricos do relevo. **Revista Ciência Geográfica**, v. XXIV, n.2. 2020.
34. TIMMS, B. **Lake Geomorphology**. 1ª Ed. Adelaide: Gleneagles Publishing, 1992. 180p.
35. VANZOLINI, P. A quasi-historical approach to the natural history of the differentiation of reptiles in tropical geographic isolates. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.34, n.19, p.189-204. 1981.
36. WANTZEN, K.M.; ROTHHAUPT, M.M.; CANTONATI, M.;TÓTH, L. G.; FISCHER, P. Ecological effects of water-level fluctuations inlakes: an urgente issue. **Hydrobiologia**, n.613, p.1-4. 2008. DOI:https://doi.org/10.1007/s10750-008-9466-1.
37. WANKLER, F.; OLIVEIRA, R.; SANDER, C. Sistema Aquífero Boa vista: "Estado de Arte" do conhecimento e perspectivas. **Revista Acta Geográfica**, v.6, n.12. 2021.
38. WETZEL, R. **Limnology**. 1ª Ed. Philadelphia: W.B. Saunders, Co., 1975. 743p.